

超流動ヘリウム3のトポロジカル物性探索

白濱 圭也 / 慶應義塾大学 理工学部 教授

超流動ヘリウム3は、トポロジカル超流動体としてマヨラナ粒子やカイラルエッジ流の実験的検証が期待されています。私たちのグループでは、ヘリウム3のトポロジカル物性を探求するために、マイクロスケールのヘリウム容器や界面用プローブを微細加工により作成し、従来できなかった新しいタイプの実験を進めつつあります。本公募研究では、円盤状擬2次元ヘリウム3のカイラルエッジ流の検出を目指しています。



しらはま・けいや

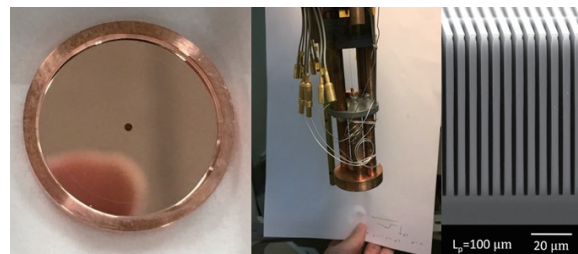
1963年 小樽市生まれ。1985年 北海道大学理学部卒業、1990年 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。学振PD、パイロイト大学研究員、東京大学物性研究所助手を経て、1999年より慶應義塾大学理工学部助教授、2009年より教授。2018年3月まで学振学術システム研究センター数物系科学専門研究員を務めており、改革をお手伝いした新しい科研費制度がスタートしたことに安堵しています。

ヘリウム3-A相は時間反転対称性の破れたカイラル超流動体であり、カイラリティが巨視的スケールで一方を向く擬2次元系では、試料端を質量永久流が自発的に流れる「カイラルエッジ流」の存在が期待されます。連携研究者の堤らは、質量流による角運動量が全クーパー対による $N/2$ (N は ^3He 全粒子数) に等しいことを理論的に示しており [1]、このオーダー $N/2$ の角運動量を円盤容器を張ったねじれ振動子のトルク測定から直接検証することを試みます。超流動コヒーレンス長の約20倍である幅 $1\text{ }\mu\text{m}$ 、直径10ミリの円盤状空間を、無酸素銅を特殊な超精密旋盤加工で作成するのが本研究の最大の特徴です。この装置の製作は困難を極めましたが、全体のアセンブルを終えてヘリウム4での動作テスト直前の段階にあり、18年前半中に慶応大学に準備中の核断熱消磁装置に搭載して実験を始める予定です。

また本公募研究とは別に、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ のシリコンウェハに幅 $1\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ のマイクロスリットを貫通させて擬2次元ヘリウム3容器を作ることも東大ナノプラットの協力を得て進めており、その一例を写真で示します。スリット中に満たしたヘリウム3は両端がバルクとつながった擬2次元系であり、スリット方向への超音波実験から水島とSaulsが提案している新しいヒッグスモード [2] やトポロジカル性由来の物性探索を計画しています。また、コヒーレンス長と同程度の太さを持つ振動ワイヤーの開発も進めており、将来はこれを用いてB相自由表面のマヨラナ粒子に関する知見を得たいと考えています。

[1] Y. Tsutsumi and K. Machida, J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2018) 074607.

[2] T. Mizushima and J. A. Sauls, arXiv:1801.02277



(左) 円盤容器の片側。 $1\text{ }\mu\text{m}$ の段差がかすかに視認できる。
(中) 1K回転冷凍機に装着した角運動量検出装置。
(右) Siウェハに作成した $2\text{ }\mu\text{m} \times 100\text{ }\mu\text{m}$ 、深さ $50\text{ }\mu\text{m}$ のマイクロスリットアレイ。